

新时代水电站精细化运营管理路径探究

李家明

华电云南发电有限公司石龙坝发电厂

DOI:10.32629/hwr.v10i5.7006

[摘要] 随着能源结构转型和新型电力系统建设推进,水电站的地位愈加突出,其运营管理也由原来的粗放型向精细化转变。本文研究数字和绿色能源推动下水电站精细化运营管理的必要性以及实现途径。分析行业痛点,依靠前沿技术建立决策支撑体系,探寻关键举措。研究得知,精细化运营可以提高机组的效率,降低停运率,改善水资源的配置情况,提高电网的调峰调频能力。结论认为,只有依靠数字化手段建立新的运营模式,才能突破传统水电发展所遇到的障碍,为现代能源体系提供支撑。

[关键词] 水电站; 精细化运营; 数字化转型; 设备健康管理; 多能互补

中图分类号: TV731 文献标识码: A

An Exploration of Pathways for Refined Operational Management of Hydropower Stations in the New Era

Jiaming Li

Huadian Yunnan Power Generation Co., Ltd. Shilongba Power Plant

[Abstract] As the energy structure undergoes transformation and the development of new power systems progresses, the role of hydropower plants has become increasingly prominent, and their operational management has shifted from an extensive to a refined approach. This paper examines the necessity of refined operational management for hydropower plants driven by digital and green energy, as well as the pathways to achieve it. It analyzes industry pain points, establishes a decision-support system based on cutting-edge technologies, and explores key measures. The study found that refined operations can improve unit efficiency, reduce outage rates, optimize water resource allocation, and enhance the grid's peak-shaving and frequency regulation capabilities. The conclusion holds that only by establishing new operational models through digitalization can we overcome the obstacles encountered in traditional hydropower development and provide support for a modern energy system.

[Key words] hydroelectric power plants; refined operations; digital transformation; equipment health management; multi-energy complementarity

全球能源变革、“双碳”目标改变了水力发电行业。新能源增长造成风电、光伏冲击电网安全,水电站转为调节性、支撑性电源。但是部分水电站的管理模式存在着矛盾,不能满足复杂的工况要求。新时代水电站运营要兼顾多方面目标,寻找精细化运营途径是提高竞争力、促进行业发展的必然选择。本文主要针对实际操作,创建精细化运营管理体系,给予参考范式。

1 水电站精细化运营管理必要性

能源革命和电力体制改革之下,传统的粗放式运营模式已经不能适应水电行业的使命,精细化的运营方式是水电行业升级的必然选择。新型电力系统对于水电站的设备响应、控制、可靠性有很高的要求,任何一个隐患或者疏忽都会给电网安全造成威胁^[1]。水资源匮乏、生态限制之下需要对流量加以精确的

分配以及水位加以严格的控制。电力市场化交易之后,企业要创建价格预估模型以及报价策略。设备老化严重,传统的检修方式存在弊端,采用状态检修和预测性维护才能准确掌握设备的状态,消除风险。因此精细化运营是解决各种问题的综合之策,也是水电企业可持续发展之路。

另一方面,由于电力市场化改革不断深入、全面展开,水电企业传统的盈利方式正在发生深刻的变革,从以前依靠固定的计划发电量的方式,逐渐转变成了依靠市场化竞价交易来获得收益的方式。在这种情况下,企业运营效率成了决定其市场收益的重要因素,也决定着它在电力市场中生存发展的空间。实行精细化运营管理可以使得企业对发电全过程成本构成有更准确的把握,科学制定并动态调整电力报价策略,在市场化交易中获得

优势,提高企业的总体盈利能力以及市场竞争力。因此,大力推进水电站的精细化运行,既是企业顺应外部政策导向和市场环境发生深刻改变的必然要求,也是企业调动内部潜力、改善资源调配、达成可持续和高质量发展内在迫切需要。

2 新时代水电站精细化运营管理实施路径

2.1 构建全域感知的数据底座与智能决策中枢

针对传统水电站数据碎片化、实时性差且缺乏关联分析的痛点,首先要建立覆盖全厂、全要素、全流程的数字化感知网络,打破信息孤岛,构建统一的数据资产底座。从措施上看要全面升级老旧监测系统通信协议和采集频率,在重要的机组、主变压器、大坝安全监测点等主要位置部署高精度传感器和边缘计算节点,实现振动、温度、压力、流量等物理量的微秒级捕捉和本地预处理,保证原始数据的完整性、时序性。在此基础上创建统一的数据湖架构,对生产运行数据、设备台账数据、气象水文数据以及外部电网调度数据等各类数据进行标准化清洗和融合,消除数据语义歧义,为上层应用提供高质量的数据燃料^[2]。

更重要的是,开发出具有自学习功能的智能决策中枢,用机器学习算法对大量的历史数据进行深入挖掘,构建起设备故障特征库和运行工况画像,从而让系统可以自动发现异常模式并给出诊断报告。以水轮发电机组摆度异常为例,系统不但可以发出报警信号,还可以根据负荷变化、导叶开度、冷却水温等多方面因素来推测出故障的原因,并给出相应的处理意见,从而把被动的应对方式转变为主动的预警。该种数据驱动的决策方式使管理层可以从宏观上掌握全厂的运行情况,也可以从微观上找到设备隐患,从而达到“用数据说话、用数据决策、用数据管理”的目的,为精细化运营打下了坚实的数字基础。

2.2 推行基于状态评估的设备全生命周期健康管理

改变过去依赖定期检修或事后抢修的粗放模式,建立以设备健康状况为依托的预测性维护体系,这是实现设备效能最大化的重要途径。该路径的推行不能只停留在引入在线监测装置上,必须深入设备机理和数据模型的深度融合之中,建立动态更新的设备健康度评价模型。根据设备重要性以及失效模式不同来制定相应的监测策略,对轴承、转轮、绝缘系统等关键部件做高频次、多维的状态监测,用数字孪生技术创建虚拟映射模型,实现对设备在各种工况下应力分布和磨损发展的动态模拟^[3]。

在此基础上,采用剩余寿命预测算法,利用历史故障数据和环境因素,对设备的剩余使用寿命进行动态计算,进而科学制定检修计划,将检修窗口提前到故障发生前的最佳时间,防止出现“过修”造成资源浪费、“失修”引发非停事故的情况。以水轮机转轮的空蚀损伤为例,根据流场仿真结果和历年探伤数据,可以准确预测出下个周期空蚀损伤的扩展速度,从而指导运维人员在枯水期采取针对性的修复加固措施,而不会盲目地停机大修。同时建立设备健康档案的动态更新机制,将每次巡检、试验、维修记录及时录入系统,形成闭环反馈,持续提

高评价模型的准确度。全生命周期的健康管理模式不但可以大大延长设备的使用寿命,降低全生命周期成本,而且可以大幅度提高设备的可用系数,在迎峰度夏、迎峰度冬等重要时刻保证水电站的可靠出力。

2.3 深化多源协同的梯级联合优化调度与水能转化

在流域梯级开发和新能源大规模并网的情况下,单一电站的独立调度已经不能满足系统整体最优的要求,必须建立跨区域、跨电站、跨能源类型的多源协同优化调度体系。在实施路径上要依靠流域集控中心,打通各个梯级电站之间数据壁垒,创建统一的梯级调度数学模型,把上游来水预报、下游水库水位约束、火电/风电出力曲线和电网负荷需求全部纳入考虑范畴。具体措施有,使用长短期记忆网络(LSTM)等深度学习算法来提高入库洪水预报的准确性,把预报的预见期延长到72小时以上,为梯级联调提供前瞻性的水量分配依据。

同时,创建水风光储多能互补优化调度平台,依照新能源出力的随机特性,对水电站蓄水、放水进行动态调节,发挥水电站的压舱石作用,平滑新能源出力曲线。例如在风电大发的时候,如果预测之后没有雨,可以适当增加弃风限电时的蓄水量,等到夜间负荷低谷或者次日清晨负荷高峰的时候再释放出来,从而实现电能价值的时空转移。除此之外还需加入市场竞价机制,把现货市场价格信号加入调度目标函数当中,在满足防洪、灌溉等约束条件的情况下,优先安排高电价时段的发电计划,实现经济效益和社会效益的双最大化。协同调度模式冲破了传统上“单打独斗”的束缚,依靠全局的资源调配来实现流域水能利用率和新能源消纳水平的明显提高,打造一种灵活多变的水电运行新面貌。

2.4 打造数智赋能的人才梯队与敏捷组织文化

精细化运营的落实要靠人来执行和创新,因此创建适应数字化转型需求的人才队伍和组织架构是不可忽视的环节。重点在于打破传统的科层制管理模式,形成扁平化、项目制、敏捷型的组织结构,给一线技术人员更多的决策权和自主权,调动全体人员的积极性。从具体的措施上来说,要创建“业务和技术”复合型人才培育体系,依靠内部培训、外部引进、跨界交流等途径来提升员工的大数据分析、算法建模以及系统运维水平,从而让员工由原来的操作工变成能够读懂数据、分析问题、作出决策的复合型专家。

此外,创建数字化协作平台,促使各部门组建柔性攻关团队,针对设备故障治理,调度策略解决等具体问题展开协同作战,缩短问题响应链条。设立数据创新工作室,让一线员工从实际运行数据出发提出改进建议,对产生明显效益的创新成果予以重奖,营造人人参与、人人创新的良好氛围。另外还需重新塑造绩效考核体系,将设备健康度、数据质量、响应速度这些过程指标纳入考核范围,促使员工由重视结果转向重视过程和细节,从而实现管理理念的根本转变。依靠组织文化软着陆和人才素质硬提升,给精细化运营赋予源源不断的智力支撑和内在动力,保证各项管理举措真正落到实处、开花结果。

2.5 构建绿色低碳的生态流量精准调控与环境友好型运营体系

在“双碳”目标和生态文明建设的双重推动下,精细化运营管理不能只看重经济效益,而应该把生态价值当作主要的考核指标。在实施路径上,要抛弃以往那种粗放式的“按需放水”方式,创建起依照水生态机理的生态流量智能调节模型。采用物联网技术对河道水温、溶解氧、流速、水生生物活动情况等监测,根据鱼类产卵期、洄游规律等生物学数据来生成最佳的生态调度方案。具体措施有创建“水-鱼”耦合数字孪生系统,模拟不同的泄流工况对下游栖息地的影响,自动调节机组组合和出力分配,在保证发电需求的前提下,准确保持河道最小生态流量,在关键时段开展人工增流来模拟自然洪峰,促使鱼类繁殖。

同时,实行全流域水质、水量协同控制制度,就水电站运行所造成的局部水体富营养化或者低温水下泄问题,创建起多参数预警以及联动响应体系。用分层取水设施智能控制来调节下泄水温,保护下游冷水性鱼类生存环境,用大数据追踪入库污染物负荷,优化水库蓄水策略来减少面源污染扩散。另外,把碳足迹核算深度融入企业日常运营管理体系之中,创建并完善水电站全生命周期碳排放监测和评价平台,从而准确地计量并追踪到每一度电生产的生态环境成本。在此基础上,积极探索、实践水电开发与生态系统修复协同、水电清洁能源与碳汇市场交易联动等新的商业模式。经过系统地创建这样一种环境友好的、绿色低碳的运营新模式,使水电项目由原来的“资源索取和消耗型”发展为现在的“与自然生态和谐共生、协同发展型”。既保证了水电站在不断创造稳定经济价值和社会效益的同时,又能

成为保护区域生态平衡、守护绿水青山的坚强后盾,又大大提高了企业环保意识、社会责任感和可持续发展能力,改善了企业公众形象。

3 结语

新时代水电站精细化运营管理是一项包含技术革新、管理重组以及文化重塑的综合性工程,其关键在于用数据为纽带、以智能为引擎,推动人、机、环、管实现深度融合并实现协同进化。构建数据底座、开展设备健康管理、深化梯级调度、打造人才梯队,水电站可以突破传统发展束缚,实现由“经验推动”向“数据推动”的转变,从而提高发电效能、降低成本,并增强水电行业在构建新型电力系统方面的责任意识。随着人工智能等技术的发展应用,水电站的运营范围将会得到拓展,智能化程度会逐步提高,但是保持精细化、科学化、人性化的管理思想始终是水电行业必须遵循的根本原则,在能源革命中才能获得先机,书写水电事业高质量发展新篇章。

[参考文献]

- [1]黄文昭,李臻.浅析水电站精细化管理与措施[J].福建水力发电,2021,(02):68-70.
- [2]刘利.基于精细化理念的水电站机电安装工程进度管理[J].云南水力发电,2021,37(11):166-168.
- [3]张进.精细化管理在水电站资产管理中的探讨[J].环渤海经济瞭望,2019,(11):109.

作者简介:

李家明(1976--),男,汉族,云南昆明人,本科,中级工程师,研究方向:电气工程。